
RKTL:n työraportteja 2/2014

Pielisjoelle suunnitellun lyhytaikais säädön ekologiset vaikutukset

Tapio Sutela

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki
2014



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2014

ISBN 978-952-303-074-9 (Verkkojulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkkojulkaisu)

RKTL 2014

Kuvailulehti

Tekijä Tapio Sutela			
Nimeke Pielisjoelle suunnitellun lyhytaikaissäädön ekologiset vaikutukset			
Vuosi 2014	Sivumäärä 18	ISBN 978-952-303-074-9	ISSN ISSN 1799-4756 (PDF)
Yksikkö/tutkimusohjelma Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut			
Hyväksynyt Nina Peuhkuri, Elinympäristöt ja monimuotoisuus			
Tiivistelmä Tässä Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen tilaamassa raportissa arvioidaan Pielisjoelle suunnitellun virtaaman lyhytaikaissäädön (lyhytaikaissäännöstelyn) vaikutuksia kalastoon ja muuhunkin eliöstöön. Lyhytaikaissäädön aiheuttamat vedenkorkeuden ja virtausnopeuden nopeat vaihtelut koskipaikoissa voivat lisätä kalojen mädin ja poikasvaiheen kuolleisuutta. Myös kalojen ravintona tärkeät koskialueiden pohjaeläimet saattavat kärsiä vedenkorkeuden ja virtausnopeuden vaihteluista sekä vesisammalen vähenemisestä. Pienimmän virtaaman vaiheessa koskipaikkojen kalat saattavat joutua saarroksiin mataliin altaisiin, joissa ne ovat erityisen alttiina esimerkiksi minkin ja lintujen saalistukselle. Patoaltaissa lyhytaikaissäädön vaikutukset kalastoon ovat verrattain lieviä, mutta esimerkiksi matalaan rantaveteen kutevilla kalalajeilla saattaa olla vaarana mädin jääminen kuiville. Suunnitellun Pielisjoen lyhytaikaissäädön (vaihtoehto \pm 30 % perusvirtaamasta) arvioitiin vaikuttavan varsinkin järvilohen ja taimenen elinolosuhteisiin ja lisääntymisen onnistumismahdollisuuksiin Kaupunginkoskissa. Lievempiä vaikutuksia ennakoitiin myös monille muille koskialueiden ja patoaltaiden kalalajeille.			
Asiasanat Pielisjoki, järvilohi, virtaama, lyhytaikaissäätö, lyhytaikaissäännöstely			
Julkaisun verkko-osoite http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/pielisjoki.pdf			
Yhteydenotot Tapio Sutela, tapio.sutela@rktl.fi			
Muita tietoja			

Sisällys

1.	Taustatietoa Pielisjoesta ja järvilohesta	5
2.	Pielisjoen kalasto	6
3.	Pielisjoelle suunniteltu lyhytaikaissääto	8
4.	Tutkimustietoa lyhytaikaissäädön vaikutuksista	10
4.1.	Vaikutukset eroosioon ja veden laatuun	10
4.2.	Vaikutukset kasvillisuuteen, pohjaeläimiin ja eläinplanktoniin	10
4.3.	Vaikutukset koskialueiden kalastoon	11
4.4.	Vaikutukset patoaltaiden kalastoon	12
5.	Arvio Pielisjoen lyhytaikaissäädön ekologisista vaikutuksista	13
5.1.	Kasvillisuus, pohjaeläimet ja eläinplankton	13
5.2.	Kalojen lisääntymisolosuhteet Kaupunginkoskissa	13
5.3.	Pielisjoen patoaltaiden kalakannat	14
6.	Kiitokset	16
7.	Kirjallisuus	16

1. Taustatietoa Pielisjoesta ja järvilohesta

Pielisjoki laskee Pielisestä Saimaan tasossa olevaan Pyhäselkään. Putouskorkeutta on yhteensä 18 m noin 60 km matkalla (Soimakallio & Savolainen 1999). Pielisjoki oli ennen jokirakentamista Saimaan järvilohen tärkein lisääntymisalue. Tämä ei ole sattuma, sillä Saimaan päävirtaus kulkee Pielisjoen ja Pyhäselän kautta aina Lappeenrantaan asti (Hyvärinen ym. 1985). Pielisjoki on suurin Suomessa sijaitsevaan järveen laskeva joki (Sutela ym. 2012). Järvilohen kutu- ja poikastuotantoalueita olivat Pielisjoessa esimerkiksi Utrankoski, Kuurnankoski, Kaltimokosket ja Paukkajavirta (Mäkinen 1972).

Kaltimon voimalaitoksen rakentaminen vuonna 1958 vei noin 98 ha lohikalojen lisääntymisaluetta ja Kuurnan rakentaminen vuonna 1972 vastaavasti 73 ha (Mäkinen 1972). Lohikalojen poikastuotantoon soveliaita koskialueita jäi lähinnä jokisuuhun Joensuun kaupungin kohdalla ns. Kaupunginkoskiin, Itäkoskeen ja Länsikoskeen. Kaupunginkoskien pinta-ala on noin 3 ha, josta poikastuotantoon soveltuvaa aluetta noin 1 ha (Kaijomaa & Korhonen 1986). Koskia kunnostettiin vuosina 1985-1986 sorastamalla Länsikosken pohjaa noin 500 m² kutualustaksi. Loput koskesta, noin 2000 m², on kunnostettu eri-ikäisten poikasten kasvualueeksi kiveämällä pohjaa. Itäkoskea kunnostettiin kiveämällä ja sorastamalla noin 500 m² alueella (Soimakallio & Savolainen 1999). Nykyään järvilohen ja järvitaimenen on havaittu satunnaisesti kutevan Länsikosken Ilosaaren puoleisessa matalikossa (Rouvinen 2012). Pielisjoen virtapaikoissa on arvioitu olevan mahdollista saada kunnostamalla noin 3,9 ha järvilohelle ja taimenelle soveliaista lisääntymisaluetta (Taulukko 1, Rouvinen 2012).

Taulukko 1. Pielisjoen virtapaikkojen laajuuksia ja koskikunnostuksella virtakutuisten kalalajien lisääntymisalueeksi saatavissa olevien alueiden pinta-aloja (Rouvinen 2012).

	Virta-alueen laajuus (ha)	Koskeksi kunnostettavissa olevan osan laajuus (m ²)
Paukkaja	18	2400
Kaltimo	5,3	0
Mönni	5,3	0
Kuurna	9,6	12000
Utra	6,4	7000
Ilosaari	6,2	18000
Yhteensä	50,8	39400

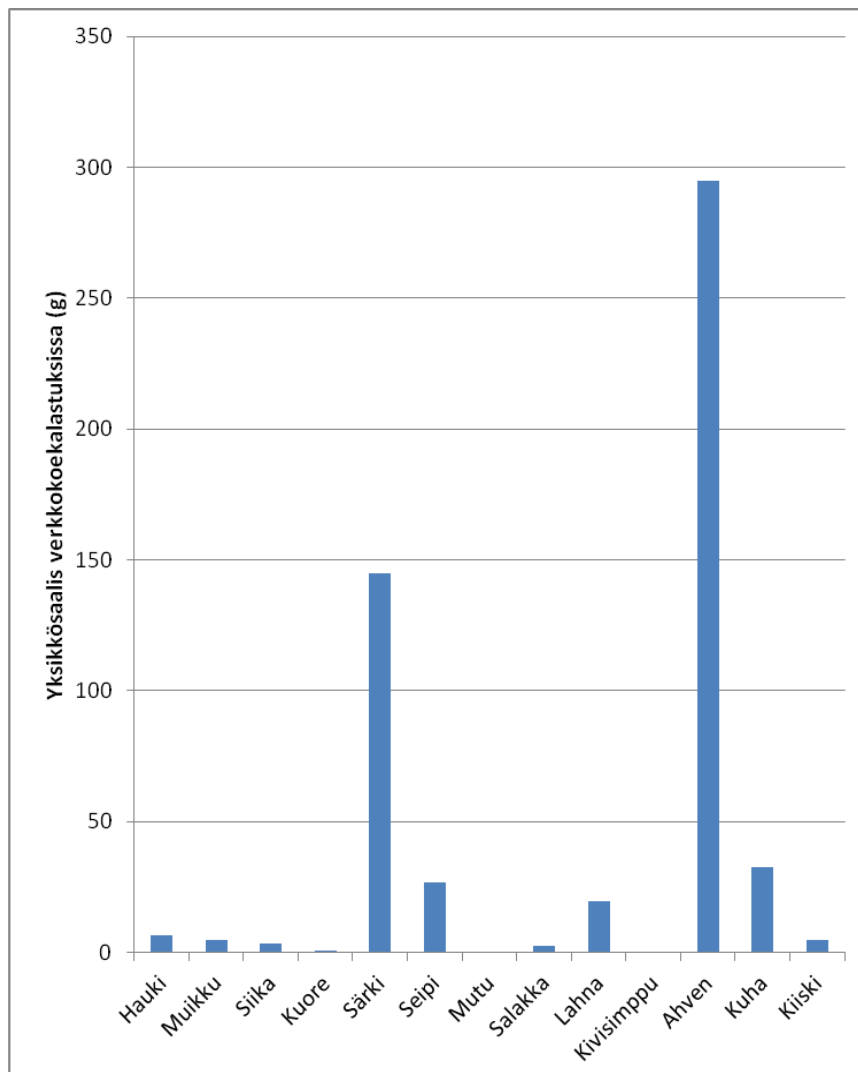
Järvilohi on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi (Rassi ym. 2010). Saimaan järvilohi on nykyisin käytännössä emokalapyynnin ja viljelyn varassa. Saimaan järvilohen hoito-ohjelman (Kaijomaa ym. 2011) mukaan Pielisjoen Kaupunginkoskien merkitys järvilohen poikastuotannolle arvioidaan uudelleen ja tarvittaessa poikastuotanto-olosuhteita parannetaan kunnostustoimin.

Pielisjoen vedenlaatu on kohtalaisen hyvä. Veden pH vaihtelee yleensä välillä 5,7-6,6 ja väri 50-80 mg Pt/l. Veden rautapitoisuus on alueelle tyypillisesti kohtalaisen suuri (470-1500 µg/l) (Soimakallio & Savolainen 1999).

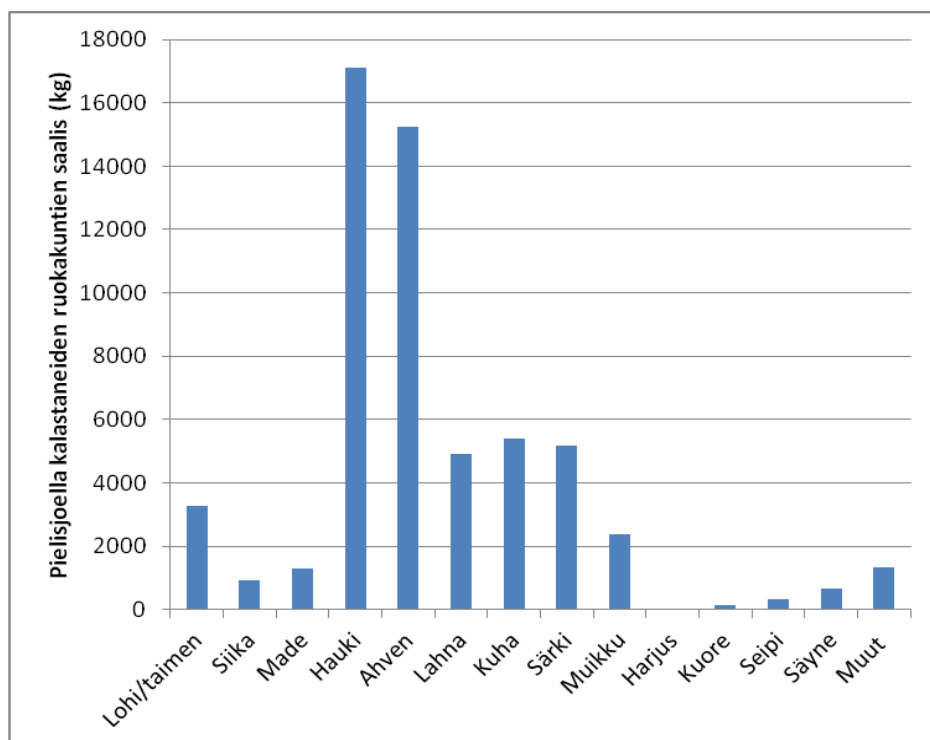
2. Pielisjoen kalasto

Pielisjoen koekalastuksissa vuonna 2008 Nordic-yleiskatsausverkoilla oli saaliina 13 kalalajia, joista ahven ja särki muodostivat 81 % saaliin biomassasta (Kuva 1). Koekalastukset tehtiin järvimäisillä jokilaajentumilla Rukavesi, Rahkeenvesi, Hiirenvesi ja Kangasvesi. Kotitarvekalastajien saaliissa (Kuva 2) esiintyi myös lohi/taimen, harjus ja säyne, joten Pielisjoella tavataan ainakin 16 kalalajia. Saalistilastoinnissa järvilohi ja taimen on yhdistetty samaan ryhmään.

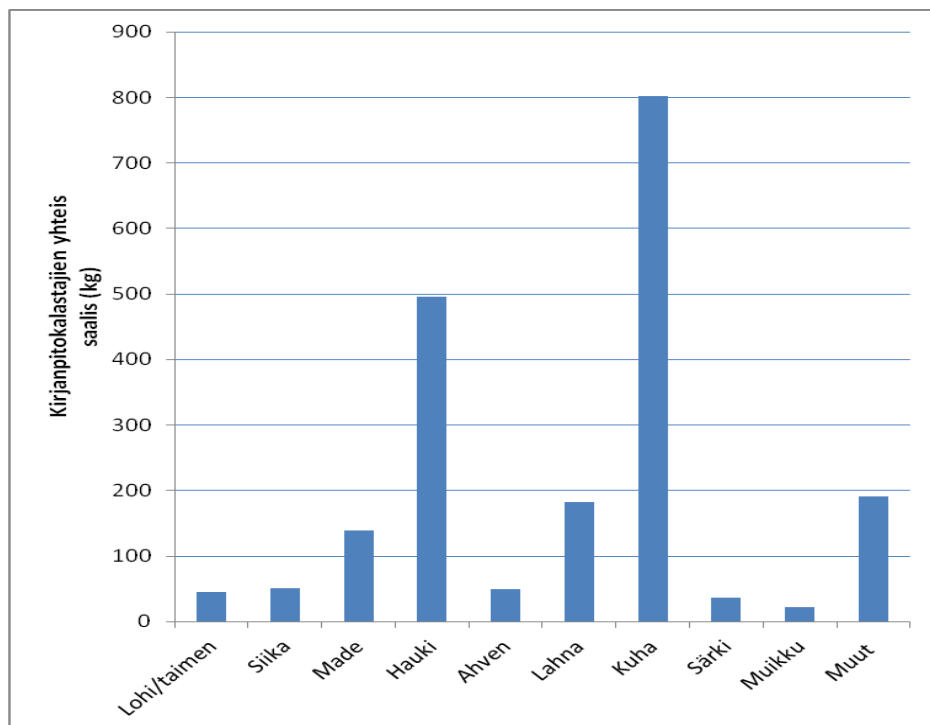
Kirjanpitokalastajien tärkeimmät saalislajit olivat kuha ja hauki (Kuva 3). Kirjanpitokalastus tapahtui verkoilla, joiden silmäkoko ja kalastussyvyys vaikuttavat saalislajien osuuksiin. Kirjanpito- ja kotitarvekalastajat pystyivät välttämään saaliissaan särkeä, joka oli Nordic-verkoissa toiseksi runsain saalislaji (vrt. kuvat 1-3).



Kuva 1. Nordic verkkokoekalastuksen keskimääräinen yksikkösaalis Pielisjoella vuonna 2008. Aineisto peräisin julkaisusta Huuskonen & Väisänen (2009).



Kuva 2. Pielisjoella kalastaneiden ruokakuntien kokonaissaalis vuonna 2006. Aineisto julkaisusta Huuskonen & Väisänen (2009).

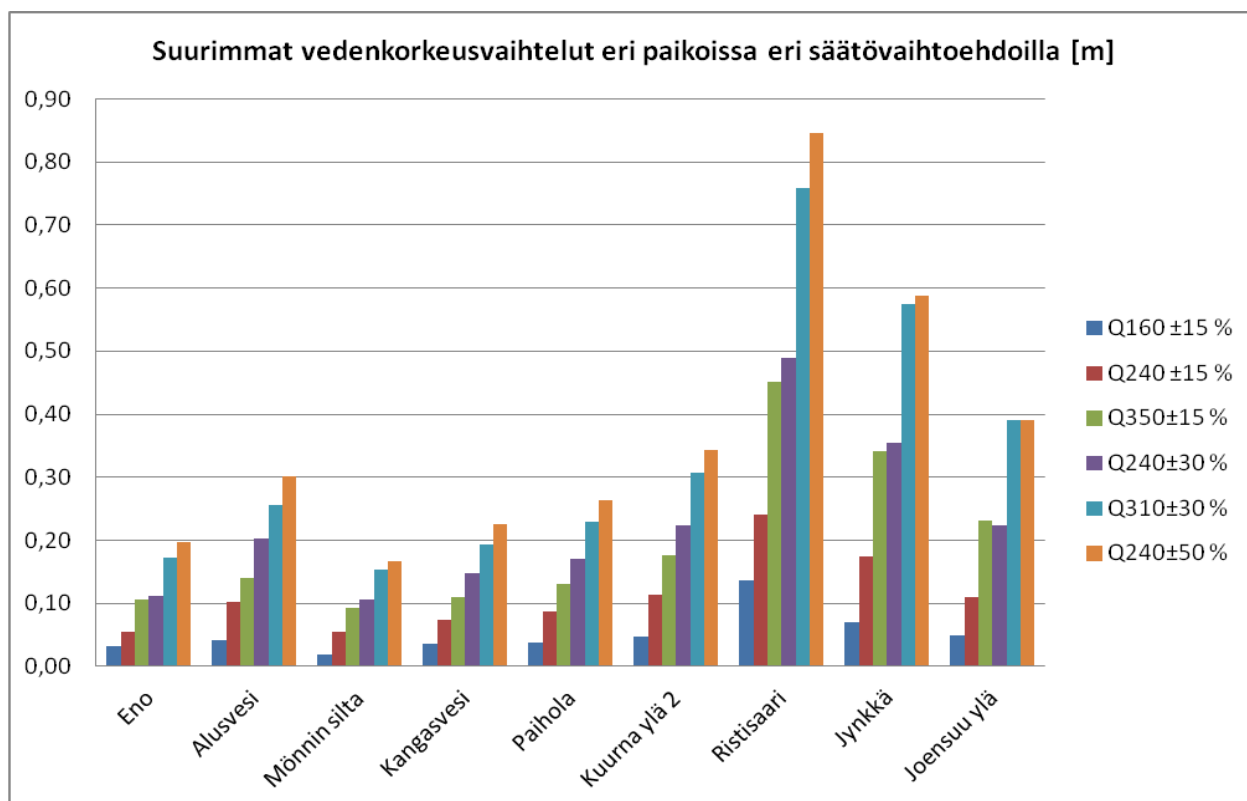


Kuva 3. Pielisjoen kirjanpitokalastajien yhteissaalis Pielisjoella vuonna 2009. Kalastuksessa käytettyjen verkkojen silmäkoko vaihteli muikkuverkosta > 50 millimetriin. Aineisto julkaisusta Väisänen & Huuskonen (2010).

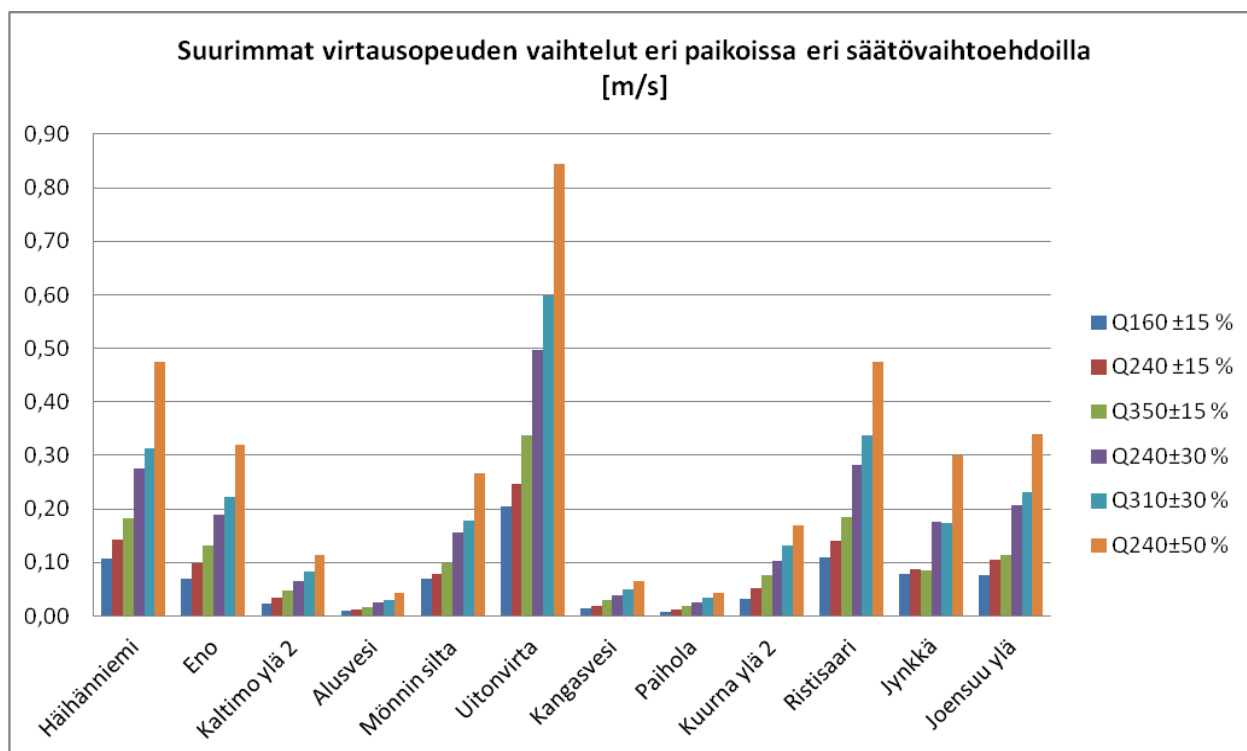
3. Pielisjoelle suunniteltu lyhytaikaissäätö

Vesivoimalaitoksilla tehtävää virtaaman lyhytaikaissäätöä (lyhytaikaissäätöä) tarvitaan sähköverkon kulutusvaihteluiden tasaamiseksi. Sähkön kulutuksen vuorokausivaihtelu voi olla jopa 25 % (Soimakallio & Savolainen 1998). Valtaosa Suomen sähköverkon säätö- ja häiriöreservistä on juuri lyhytaikaissäädön piirissä olevaa vesivoimaa. Lyhytaikaissäädössä voimalaitosten koneistojen läpi menevää virtaamaa säädetään sähköntarpeen mukaan. Yleensä sähköntarve on suurempi arkipäivisin kuin öisin tai viikonloppuisin. Näin ollen säädön piirissä olevissa joissa virtaama on yleensä suurempi päivisin (aamusta iltaan) kuin öisin ja viikonloppuisin. Perinteinen lyhytaikaissäätö on melko voimakasta nyt tutkittuihin Pielisjoen virtaaman säätövaihtoehtoihin verrattuna (Nieminen & Linjama 2012). Oulujoella on mitattu suurimmilla jopa 1,7 m vedenkorkeuden vaihtelu (Sinisalmi ym. 1996). Oulujoen ohella lyhytaikaissäätöä käytetään suuressa mittakaavassa Kemi-, Ii- ja Kokemäenjoella.

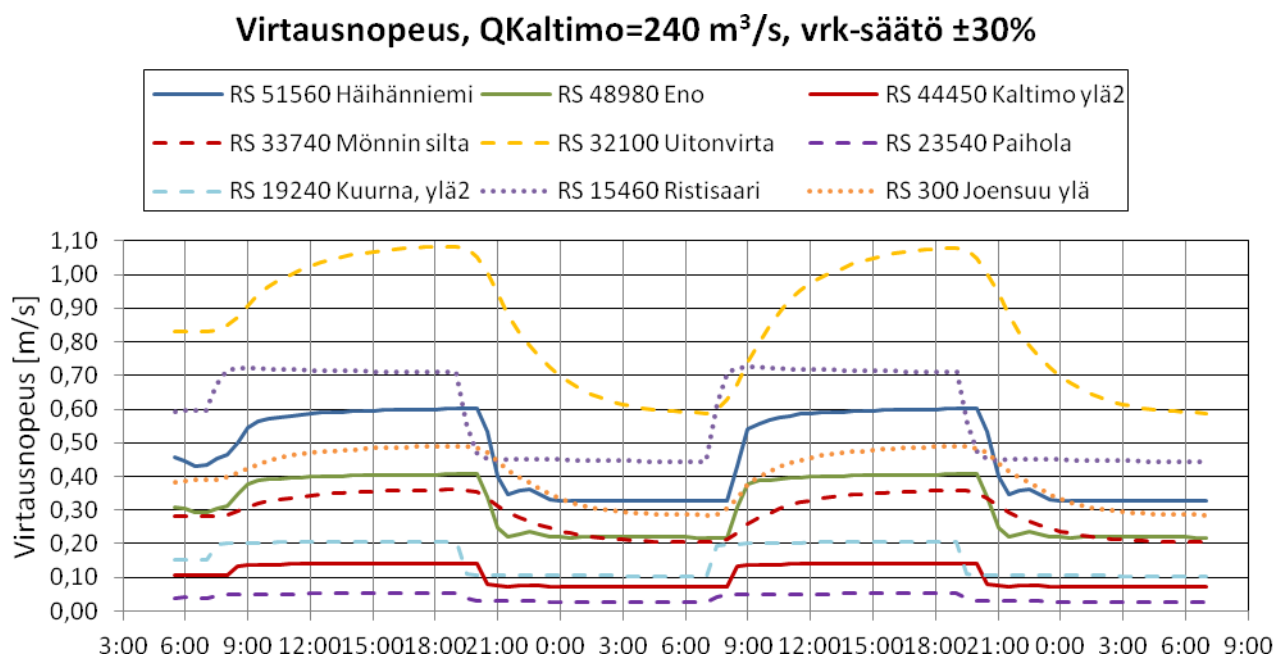
Virtaaman lyhytaikaissäädön vaikutuksia Pielisjoen vedenkorkeuksiin ja virtausnopeuksiin on tutkittu raportissa Nieminen & Linjama (2012). Kuuteen eri virtaamavaihtoehtoon (Kuvat 4 ja 5) sisältyy kolme lyhytaikaissäädön vaihtoehtoa: voimatalouden kannalta hyvin lievä säätövaihtoehto (perusvirtaama $\pm 15\%$), melko voimakas vaihtoehto ($\pm 30\%$) ja voimakas säätö ($\pm 50\%$). Suurimmat vedenkorkeuden vaihtelut esiintyvät voimalaitosten alapuolella. Kuurnan voimalaitoksen vaikutus vedenkorkeuksiin ulottuu pitkälle alavirtaan (Kuva 4: Ristisaari, Jynkkä, Joensuu ylä). Lyhytaikaissäädön vaikutus virtausnopeuksiin on suurinta voimakkaimmin virtaavissa joen kohdissa (ks. Uitonvirta kuvissa 5 ja 6).



Kuva 4. Suurimmat vedenkorkeuserot (minimi... maksimi [m]) eri säätövaihtoehtoilla eri kohdissa Pielisjokea (Nieminen & Linjama 2012). Virtaaman (Q) ja lyhytaikaissäädön kuusi yhdistelmää on esitelty tekstissä.



Kuva 5. Suurimmat virtausnopeuden [m/s] vaihtelut eri paikoissa virtaaman (Q) ja lyhytaikaissäädön kuudella yhdistelmällä (Nieminen & Linjama 2012).



Kuva 6. Virtausnopeudet [m/s] ajan funktiona eri kohdissa Pielisjokea Kaltimon virtaamalla $240 \text{ m}^3/\text{s} \pm 30 \%$ (Nieminen & Linjama 2012).

4. Tutkimustietoa lyhytaikaissäädön vaikutuksista

4.1. Vaikutukset eroosioon ja veden laatuun

Virtaaman lyhytaikaissäätö lisää uomaeroosiota ja tätä kautta veden kiintoainepitoisuutta ja sameutta (Alasaarela & Virtanen 1987.) Kiintoainepitoisuudet ovat virtaaman kasvuvaiheessa suuremmat kuin vähentymisvaiheessa, koska turbulentsisuus ja virtausnopeus ovat tällöin suurimmillaan. Näin ollen myös valon määrä joessa on vähimmillään virtaaman kasvuvaiheessa. Rantojen eroosio on suurinta voimalaitosten alapuolella (Ruohomäki 1984). Nopeasti nouseva vedenkorkeus tehostaa eroosiota (Hildebrand 1980). Lyhytaikaissäätö voi aiheuttaa joillakin syvyyssvyöhykkeillä eroosion ja sedimentoitumisen jatkuvaa vuorottelua (Ruggles & Watt 1975). Voimakas lyhytaikaissäätö voi estää tai hidastaa jään muodostumista jokeen, mikä vaikuttaa veden lämpötilaan ja lisää riskiä suppotulviin.

4.2. Vaikutukset kasvillisuuteen, pohjaeläimiin ja eläinplanktoniin

Suuri osa joen eliöstöstä on sopeutunut elämään veden virtausnopeuden ja syvyyden suhteen tietyissä raameissa (esim. Cushman 1985). Liikkumiskyvyttömät eliöryhmät (kasvit, pohjalevät) tai liikkumiskyvyltään rajalliset (pohjaeläimet) ovat lähtökohdiltaan heikoimmassa asemassa vastaamaan nopeasti vaihtuviin vedenkorkeuksiin ja virtausnopeuksiin.

Lyhytaikaissäätö vaikuttaa joen ranta- ja vesikasvillisuuteen. Nurmon- ja Lapuanjoessa jyrkkien rantojen säännöstelyvyöhykkeeltä puuttui kasvillisuus usein kokonaan (Ruohomäki 1984). Vesikasvillisuus oli niukkaa varsinkin jokiuoman ulkokaarteissa, joissa myös rannan syöpyminen on suurinta. Lähellä voimalaitoksia tavattiin lähinnä kasvilajeja, joilla on hyvä virtauksen sietokyky. Lisääntynyt virran aiheuttama veto, turbulenssi ja vedessä olevien hiukkasten aiheuttama hankaus voivat haitata vesikasveja. Pohjan eroosio tai sedimentoituminen haittaa kasveja epäsuorasti.

Matalissa koskipaikoissa lyhytaikaissäädön aiheuttama ajoittainen pohjan kuivuminen aiheuttaa vesisammalten (*Fontinalis* sp.) häviämisen vedenkorkeuden alimman säännöstelytason yläpuolelta. Vesisammalkasvusto muodostaa suojaavan habitaatin monille pohjaeläin- ja kalalajeille ja pidättää orgaanista ainesta eliöyhteisön käytettäväksi (Joensuu ym. 1996).

Lyhytaikaissäädön vaikutus näkyy jokien koskipaikoissa virtausnopeuden ja vedenkorkeuden normaalia suurempana vaihteluna. Vaikutus heijastuu pohjaeläinyhteisöihin lajimäärän vähenemisenä ja virtausnopeusvaatimuksiltaan väljinä pidettyjen lajien yleisyytenä. Paljailla kivipinnoilla viihtyvät mäkärän toukat muodostavat usein valtaosan säännösteltyjen jokialueiden koskien pohjaeläimistöstä. Vesisammalkasvustossa viihtyvät pohjaeläinlajit taas taantuvat säännöstelyn ja vesirakentamisen vaikutuksesta (Joensuu ym. 1996). Pohjaeläimistön lajistomuutoksia ja vähenemistä lyhytaikaissäädön vaikutuksesta on havaittu useissa tutkimuksissa (Cereghino & Lavander 1988).

Ravun poikasten elinolosuhteet matalilla ranta-alueilla heikentyvät huomattavasti nopeiden vedenkorkeuden muutosten vaikutuksesta. Myös aikuiset ravut kärsivät lyhytaikaissäännöstelystä varsinkin, jos rapu on kuorenvaihdon takia sidottu suojapaikkaansa. Lisäksi pohjan liettyminen haittaa ravun lisääntymistä. (Pursiainen & Westman 1982)

Monet jokien järvimäisten laajentumien kaloista käyttävät ravintonaan eläinplanktonia, joka on enimmäkseen veden virtausten vietävänä. Kuitenkin osa suurikokoisimmista ja täten myös kaloille käyttökelpoisimmista eläinplanktonlajeista pystyy veden heikossa virtausnopeudessa estämään jou-

tumistaan virran vietäväksi esimerkiksi uimalla vastavirtaan tai vaihtamalla syvempään veteen reaktiona pintavirtauksen (Shang et al. 2008). Lisäksi ulappavesien eläinplanktonlajit orientoituvat uimaan pois päin rannasta kohti avoiminta ulappa-aluetta (Wetzel 1975), mikä jossakin määrin edesauttaa eläinplanktonin pysymistä järvimäisten jokilaajentumien keskiosissa. Lyhytaikaissäädön mukaan tuomat hetkellisesti voimakkaat virtaukset saattavat lisätä eläinplanktonin kulkeutumista virran mukana pois järvimäisistä jokilaajentumista.

4.3. Vaikutukset koskialueiden kalastoon

Keskeisiä tekijöitä virtaaman lyhytaikaissäädön vaikutusten voimakkuuteen joen elinympäristöihin ja eliöyhteisöihin ovat joen maantieteellinen sijainti (mm. sääolot), luonnontilainen virtaamakehitys suhteessa säännöstelyn aikaiseen virtaamavaihteluun, jokiuoman morfologia sekä vuoden- ja vuorokaudenaika, jolloin virtaamamuutokset tapahtuvat, ja virtaamamuutoksen nopeus. Vaikutusten suuruudella on usein vahvasti jokikohtainen leima. Lohikalojen poikaset voivat sopeutua lyhyelläkin aikajänteellä tapahtuviin virtaamamuutoksiin (Flodmark ym. 2006). Sen sijaan tilanne muuttuu kalojen kannalta ongelmalliseksi, jos virtaamamuutoksiin liittyy joen pohja-alueiden suoraa kuivumista ja/tai sellaisia muutoksia virtausolosuhteissa, jotka heikentävät veden peittämän alueen laatua vesieliöiden elinympäristönä. Toisaalta tiedetään, että lyhytaikaissäännöstely vaikuttaa haitallisesti joen pohja-eläimistöön, johon kalojenkin menestyminen pohjautuu. Vaikka kalat sietäisivätkin siis suoraa lyhytaikaista virtaamavaihtelua, voivat säännöstelytoimien vaikutukset heijastua kalojen menestykseen muiden jokiekosysteemeissä olevien säännöstelylle alttiiden tasojen välityksellä. (Huusko 2012)

Nopea virtaaman pieneneminen voi johtaa kalojen jäämiseen kuiville tai eristyksiin pieniin lätäköihin vedenkorkeuden laskiessa, kalojen keräytymiseen suppeille alueille ja myös kalojen vaellukseen pois alueelta. Veden peittämän alueen ja vesitilavuuden pienenessä kalatiheys voi kasvaa paikallisesti, jolloin ainakin pienten kalojen osalta petokalojen, lintujen ja kaloja pyydystävien maaeläinten (minkki, saukko, ym.) saaliiksi joutumisen riski suurenee. Hvidsten (1985) arvioi säännöstelyllä Keski-Norjan Nidelva-joella tapahtuvien toistuvien nopeiden virtaaman vähenemisten vaikuttavan selvästi lohen ja taimenen poikasten eloonjääntiin. Hvidstenin mukaan taimen kärsii virtaamapudotuksista lohta enemmän, koska taimenen poikaset oleskelevat ko. joessa rannan tuntumassa ja olivat siten alttiimpia virtaaman (vedenkorkeuden) muutoksille. Saltveitin ym. (2001) Norjassa tekemän tutkimuksen mukaan lohen ja taimenen poikasten eristykseen jääminen virtaaman äkillisesti alentuessa oli kylmässä vedessä (talvella) selvästi suurempaa kuin lämpimässä vedessä (kesällä). Tämä johtui todennäköisesti siitä, että lohikalojen poikaset ovat kylmässä vedessä passiivisia ja piileskelevät pohjakivien väleissä ja alla (Heggenes ym. 1993; Huusko ym. 2007). Taimenen poikasten tarve käyttää enenevissä määrin joen pohjan suojaa virtausta vastaan kylmässä vedessä on todettu myös kokeellisissa tutkimuksissa (Vehanen ym. 2000). Kylmässä vedessä myös riski huuhtoutua virtaamamuutosten myötä kasvaa (Vehanen ym. 2000). Hallerakerin ym. (2003) tekemien kokeellisten tutkimusten mukaan virtaaman pienenemisen nopeudella on suuri merkitys taimenen poikasten alttiuteen joutua eristykseen. Nopea vedenpinnan aleneminen johti selvästi suurempaan kalojen eristykseen joutumiseen verrattuna hitaasti tapahtuneeseen virtaaman laskuun verrattuna. Kaikkein eniten (22 %) kaloja jäi saarroksiin kokeissa, joissa vesi oli suhteellisen viileää (7 °C) ja virtaamaa pudotettiin nopeasti. Vastaavasti vähiten kaloja jäi eristykseen, jos virtaaman pudotus oli hidasta ja se tapahtui lämpimän veden aikaan. Lisäksi joen uoman muoto ja kaltevuus vaikuttavat virtaamapudotuksen aikaansaamiin muutoksiin olosuhteissa: leveissä ja matalissa uomissa pohja-alueiden kuivuminen on

voimakkaampaa kuin syvissä, u-kirjaimen muotoisissa uomissa (Valentin ym. 1994, 1996). (Huusko 2012)

Harjuksen habitaattivaatimukset virtausnopeuden ja pohjan laadun suhteen ovat väljemmät kuin taimenella ja lohella. Harjus ei ole taimenen ja lohen tapaan territoriaalinen ja pohjahabitaattiin sitoutunut. Harjuksella on myös koko ikänsä järvissä eläviä kantoja. Harjus käyttää verrattain monipuolisesti erilaisia ravintokohteita. Olosuhteet lyhytaikaissäädön piirissä olevilla jokiosuuksilla saattavatkin olla harjukselle sopivammat kuin esimerkiksi taimenelle (Gönczi ym. 1986).

Matalia ja hitaasti virtaavia habitaatteja vaativat kalalajit kärsivät lyhytaikaissäädöstä eniten (Bain ym. 1988). Kalojen poikasvaiheet suosivat yleensä myös matalia habitaatteja ja ovat näin ollen erityisen alttiina vedenkorkeuden vaihteluille (Freeman ym. 2001). Kirjolohen 0+ poikasten havaittiin otoliittitutkimusten perusteella kasvaneen parhaiten sunnuntaisin, jolloin lyhytaikaissäätö Colorado-joella oli pois käytöstä (Korman & Campana 2009).

4.4. Vaikutukset patoaltaiden kalastoon

Vaikka virtaaman lyhytaikaissäädön on havaittu vaikuttavan ennen kaikkea matalissa vesissä eläviin kaloihin, niin vaikutuksia kohdistuu myös patoaltaiden syvissä osissa viihtyviin kaloihin (Travnichek & Maceina 1994).

Nopeat virtaaman vaihtelut padotuilla joilla vaikuttavat kalayhteisöön yleensä niin, että habitatin suhteen laaja-alaiset lajit hyötyvät, mutta esimerkiksi matalassa ja heikosti virtaavassa ympäristössä viihtyvät kalalajit kärsivät, mikä johtaa koko kalayhteisön monimuotoisuuden vähenemiseen (Bain ym. 1988). Jokseenkin täysin allastetulla Oulujoella tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että avoveden kalatiheydet ovat pienimmillään niillä jokiosuuksilla lähellä voimalaitoksia, missä lyhytaikaissäännöstely vaikuttaa virtaamiin ja vedenkorkeuksiin voimakkaimmin (Vehanen ym. 2005). Varsinkin muikku ja siika välttivät voimalaitoksen alapuolisia alueita. Rannan tuntumassa elävät särjet, ahvenet, hauet ja kiisket suosivat hitaasti virtaavia jokiosuuksia padotun jokiosuuden alajuoksulla. Muista särkikaloista poiketen seipi viihtyi patoaltaan yläosalla kovimpien virtauksien ja virrannopeuden vaihteluiden alueella. Rantavyöhykkeessä elävät pohjakalat (kivisimppu, kivenuoliainen, nuori made) viihtyivät parhaiten kovimpien virtausten alueilla.

Aikuinen harjus suosi padotulla Oulujoella virrannopeuksia 0,20-0,45 m/s ja syvyyksiä 0,20-1,55 m (Vehanen ym. 2003). Oulujoen patoaltaissa on todettu, että harjukselta puuttuu nimenomaan poikasvaiheen matalia habitaatteja. Voimakkaan vuorokausisäännöstelyn piirissä olevassa Oulujoessa kapeiden sivu-uomien kaivaminen arvioitiin harjuksen kannalta paremmaksi kunnostusvaihtoehdoksi kuin laakeiden ja matalien koskialueiden rakentaminen (Yrjänä ym. 2003). Vaikka aikuinen harjus selviytyisikin kohtalaisen hyvin lyhytaikaissäädön piirissä olevalla jokialueella, saattaa sen mädin ja pienpoikasten selviytyminen olla kriittinen tekijä.

Ahvenen kasvu oli Kyrön- ja Lapuanjoen lyhytaikaissäädön piirissä olevilla jokiosuuksilla heikompa kuin muilla jokiosuuksilla (Ranta 1983). Myös kalojen lajilukumäärä oli lyhytaikaissäädön piirissä olevilla jokiosuuksilla vähäisin. Lyhytaikaissäädön arvioitiin aiheuttavan kalojen normaalin liikkumisrytmin häiriintymistä. Pyörösiat (*Prosopium williamsoni*) joutuivat uimaan enemmän patoaltaan lyhytaikaissäädön maksimivirtaamien aikana (Taylor ym. 2012).

5. Arvio Pielisjoen lyhytaikaissäädön ekologisista vaikutuksista

5.1. Kasvillisuus, pohjaeläimet ja eläinplankton

Pielisjoen lyhytaikaissäädön arvioidaan vaikuttavan negatiivisesti rantavyöhykkeen kasvillisuuteen, pohjaeläimistöön ja järvilaajentumien eläinplanktoniin (vrt. luku 4.2). Eliöyhteisön kokonaistuotanto todennäköisesti vähenee lyhytaikaissäädön myötä. Vaikutuksen suuruutta esimerkiksi joen pohjaeläinten kokonaistuotantoon ja sitä kautta kalojen ravintolanteeseen on vaikea arvioida. Pienimmillä esitetyillä säännöstelyvaihtoehdoilla vaikutukset todennäköisesti jäisivät vähäisiksi, mutta suurimmalla vaihtoehdolla vaikutukset olisivat jo merkittäviä. Lyhytaikaissäädön vaikutuksia kaloille tärkeisiin ravintokohteisiin käsitellään myös luvussa 5.3.

5.2. Kalojen lisääntymisolosuhteet Kaupunginkoskissa

Saimaan järvilohi pääsee vapaasti nousemaan Pyhäselästä Kaupunginkoskiin, mutta sen lisääntymisen onnistumisesta nykytilanteesta ei ole tarkkaa tietoa. Nousevia emokaloja on vähän ja olosuhteet eivät ole parhaat mahdolliset pääosin syvässä ja nivamaisessa ympäristössä. Vähäininkin luontainen lisääntyminen olisi erittäin arvokasta äärimmäisen uhanalaiseksi arvioidulle järvilohelle, jonka Saimaan kanta on käytännössä emokalapyynnin ja kalanviljelyn varassa. Järvilohen emokalapyynti Kuurnassa saattaa vaikeutua voimakkaan lyhytaikaissäädön vaikutuksesta (Jorma Piironen, kirjallinen kommentti). Pyyntilaitteen toiminta on herkkä veden pinnankorkeudelle ja virtaukselle.

Luvussa 3 esitellyssä lyhytaikaissäädön virrannopeus- ja vedenkorkeusmallinnuksen tuloksissa lähimpänä Kaupunginkoskia sijaitseva poikkileikkauslinja Joensuu ylä, josta on matkaa virtaussuunnassa alapuolella sijaitseviin Kaupunginkoskiin noin 1,2 km. Joensuu ylä on kuitenkin morfologialtaan erilainen kuin Kaupunginkosket, joten lyhytaikaissäädön vaikutukset ilmenevät varsinkin virtausnopeuden muutoksissa selvästi erilaisella tavalla. Asiantuntija-arvion mukaan Kaupunginkoskien virtausnopeuden suhteelliset muutokset ja luultavasti myös muutosnopeudet olisivat hyvin samantyyppisiä kuin Uitonvirrassa, mutta absoluuttiset muutokset jopa selvästikin suurempia kuin Uitonvirrassa johtuen Kaupunginkoskien suuresta perusvirtausnopeudesta. Toisaalta lyhytaikaissäädön aiheuttamat vedenkorkeuden vaihtelut olisivat hyvin pieniä (Teppo Linjama, Pohjois-Karjalan ELY-keskus). Melko voimakkaan lyhytaikaissäädön vaihtoehdolla ($\pm 30\%$, $Q=240\text{ m}^3/\text{s}$) Uitonvirrassa keskimääräinen virtausnopeus on noin $0,85\text{ m/s}$ ja vaihteluväli yhteensä noin $0,5\text{ m/s}$ (Kuvat 5 ja 6). Lyhytaikaissäädön vaikutus järvilohen ja taimenen lisääntymisolosuhteisiin toteutuisi Kaupunginkoskissa siis lähinnä virtausnopeuden muutosten kautta. Käytettävissä olevan, hyvinkin vajavaisen lähtötiedon pohjalta voidaan arvioida, että esimerkiksi melko voimakkaan lyhytaikaissäädön vaihtoehdolla ($\pm 30\%$) olisi merkittävästi heikentävä vaikutus järvilohen ja taimenen lisääntymisolosuhteisiin Kaupunginkoskissa. Ajoittain heikko virtausnopeus voi heikentää esimerkiksi mädin säilymistä, kun runsashappista vettä tuova virtaus soraikon sisällä heikkenee. Myös vaikutukset poikasten elinolosuhteisiin esimerkiksi pohjaeläinravinnon heikkenemisen kautta olisivat merkittävät. Luotettava arvio lyhytaikaissäädön vaikutuksesta järvilohen ja taimenen poikasille sopivan habitaaatin määrään Kaupunginkoskissa saataisiin elinympäristömallinnuksella.

Luvussa 1 mainituilla kunnostuksilla voitaneen saada aikaiseksi nykyistä hieman matalampia kospaikkoja Kaupunginkoskiin ja muihin ylempänä jokivarressa oleviin virtapaikkoihin. Lyhytaikaissäätö veisi tilannetta matalilla kunnostetuilla alueilla korostuneen selvästi huonoon suuntaan, ja samalla menetettäisiin kunnostuksilla saavutettu hyöty kokonaan tai osittain.

Myös harjus ja kuore kutevat Kaupunginkoskissa, kuha laajemminkin jokisuualueella ja planktonsiika varsinkin Kuurnan alapuolisilla virta-alueilla. Pielisjokisuu lienee Pyhäselän kuoreen merkittävin kutupaikka (Turunen & Karjalainen 1992). Kuore kutee Kaupunginkoskissa valtaosin matalaan veteen (0,1-0,5 m). Lyhytaikaissäätö saattaa vaikuttaa näistä kalalajeista varsinkin kuoreen ja harjuksen lisääntymisen onnistumiseen, kuitenkin ehkä vähemmän kuin järvilohella ja taimenella.

5.3. Pielisjoen patoaltaiden kalakannat

Lyhytaikaissäädön tyypillisesti aiheuttama veden kiintoainepitoisuuden ja sameuden ajoittainen lisääntyminen saattavat haitata veden laadun suhteen vaativien lohikalojen ja siian elämää Pielisjoessa. Sen sijaan esimerkiksi kuha viihtyy myös sameissa vesissä, joten veden laadun muutos ei haitanne sitä. Särkikaloista säyne on suhteellisen vaativa veden laadun suhteen (Koli 1990) ja täten alttiina myös lyhytaikaissäädön vaikutuksille.

Vedenkorkeuden vaihtelu saattaa lisätä kaikkien Pielisjoen matalille alueille kutevien kalojen mädin kuolleisuutta. Pielisjoen kaloista varsinkin hauki ja lahna kutevat matalaan veteen, joten mahdollisuus mädin jäämisestä kuiville on olemassa. Lyhytaikaissäädön vaikutuksen arvioimista kalojen lisääntymisen onnistumiseen vaikeuttaa puutteellinen tietämys Pielisjoessa elävien kalojen kutu- ja poikastuotantoalueista. Pielisjoen pääuomassa on matalia kasvillisuusrantoja, jotka sopivat hauen ja monen muun kalalajin kutupaikoiksi. Silti osa hauista ja muidenkin kalalajien yksilöistä saattaa nousta kutemaan sivujokiin ja -puroihin tai niissä oleviin järvilaajentumiin. Pielisjoen haukikanta on nykyisin vahva (kuvat 2 ja 3).

On arveltu, että ainakin osa Pielisjoen harjuksista nousee kutemaan Kuusojaan. Tällöin lyhytaikaissäätö ei pääse vaikuttamaan näiden harjusten lisääntymisen onnistumiseen. Siikamuodoista ainakin planktonsiika kutenee Pielisjoen virtapaikoissa. Lyhytaikaissäätö saattaa virtausnopeuden ja sedimentaation muutosten kautta lisätä siian mädin kuolleisuutta. Tässä selvityksessä oletettiin, että muikku ei lisäännä Pielisjoen järvilaajentumissa, joten lyhytaikaissäädön vaikutusta muikun lisääntymisen onnistumiseen ei otettu mukaan vaikutusarvioihin. Muikkua ja muutakin kalaa saattaa laskeutua Pielisestä tai Rukavedestä Pielisjokeen.

Lyhytaikaissäännöstely vaikuttaa haitallisesti varsinkin matalimpien alueiden pohjaeläimistöön. Kaloista varsinkin nuori made, harjus, kivisimppu, mutu ja mahdolliset muut rantavyöhykkeen kalalajit (esim. kivenuoliainen) ovat alttiimpia tälle vaikutukselle. Pääasiallisesti syvemmillä alueilla pohjaeläimiä syövät kalalajit (esim. siika) ovat hieman vähemmässä määrin alttiina lyhytaikaissäädön aiheuttamalle pohjaeläinravinnon vähenemiselle.

Ajoittainen virtaaman ja virtausnopeuden lisäys haitannee eniten ulappavesien kaloja, kuten muikku. Toisaalta esimerkiksi harjus, kuha, seipi ja salakka viihtyvät hyvin myös virtapaikoissa. Kaloilta saattaa kulua enemmän energiaa uimiseen ajoittain voimakasta virtaa vastaan ja niille sopiviin virtausolosuhteisiin hakeutumiseen.

Lyhytaikaissäädön vaikutukset kalastoon kertyvät monen vaikutusmekanismin yhdistelmänä. Mekanismien yhteisvaikutuksen voimakkuutta on vaikea ennakoida. Vaikutukset saattavat ulottua ravintoverkon kautta myös esimerkiksi petokalojen ravintotilanteeseen. Vaikutukset todennäköisesti

vähentävät eliöyhteisön kokonaistuotantoa. Mikään kalalaji ei hyödy lyhytaikaissäädöstä muuten kuin ehkä kalalajien välisen kilpailutilanteen muutoksen kautta. Monista epävarmuustekijöistä huolimatta koottiin lopuksi lajikohtaiset arviot lyhytaikaissäädön vaikutuksesta taulukkomuotoon (Taulukko 2). Taulukossa mainitsemattomiin patoaltaiden kalalajien kantoihin arvioitiin lyhytaikaissäätönsäätelyn mahdollinen vaikutus niin vähäiseksi, että sillä ei ole vaikutusta kalakantaan. Arvion lähtökohtaa (lyhytaikaissäätö ± 30 % perusvirtaamasta) voimakkaamman säädön vaikutus olisi luonnollisesti voimakkaampi, ja vähäisemmän lyhytaikaissäädön vaikutus vastaavasti heikompi.

Taulukko 2. Arvio lyhytaikaissäädön (± 30 %) vaikutuksesta Pielisjoen kalojen elinolosuhteisiin ja kalakantoihin. — = Merkittävä negatiivinen vaikutus, - = Lievä negatiivinen vaikutus (-) = Marginaalinen tai epävarma negatiivinen vaikutus.

Kalalaji	Arvio lyhytaikaissäädön vaikutuksesta	Tärkeimmät vaikutusmekanismit
Järvilohi ja taimen	—	Kaupunginkoskissa mahdollisesti tapahtuva vähäinen lisääntyminen tai ainakin olosuhteet lisääntymiselle heikkenevät. Mäti- ja pienpoikasvaiheen kuolleisuus kasvaa.
Siika	-	Pielisjoessa kutevien siikojen mädin kuolleisuus todennäköisesti lisääntyy. Veden laadun heikkeneminen. Pohjaeläinravinnon väheneminen.
Made	-	Vedenkorkeuden vaihtelu saattaa haitata matalissa rantakivikoissa viihtyvien nuorten mateiden elämää ja pohjaeläinravinnon saatavuutta. Sedimentaation vaikutus mätimunien kuolleisuuteen.
Hauki	-	Mädin ja pienpoikasten kuiville jääminen, kasvillisuushabitaatin väheneminen
Ahven	(-)	Pohjaeläin- ja eläinplanktonravinnon väheneminen
Lahna	(-)	Riski mädin jäämisestä kuivilleen. Pohjaeläinravinnon väheneminen.
Muikku	(-)	Veden laadun heikkeneminen. Ajoittain voimakas virtausnopeus. Eläinplanktonravinnon väheneminen.
Harjus	-	Veden laadun heikkeneminen. Pohjaeläinravinnon väheneminen. Mahdollisesti pääuomassa lisääntyvien harjusten mädin ja pienpoikasten kuolleisuuden lisääntyminen.
Säyne	(-)	Veden laadun heikkeneminen ja pohjaeläinravinnon väheneminen.
Kivisimppu	-	Kivisimpun tyypillisen elinympäristön, eli matalimman rantavyöhykkeen ajoittainen kuiville jääminen ja vaikutus saatavilla olevaan pohjaeläinravintoon.
Mutu	-	Mudun tyypillisen elinympäristön, eli matalan rantavyöhykkeen ajoittainen kuiville jääminen ja vaikutus saatavilla olevaan pohjaeläinravintoon.

6. Kiitokset

Veli-Matti Kaijomaa, Teppo Linjama ja Timo Turunen Pohjois-Karjalan ELY-keskuksesta sekä Jorma Piironen ja Teppo Vehanen Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselta antoivat rakentavia kommentteja käsikirjoitukseen.

7. Kirjallisuus

- Alasaarela, E. & Virtanen, M. 1987. Effects of short-term regulation by power plants on erosion and water quality of a river. Teoksessa: Craig, J.F. & Kemper, J.B. (eds.) *Regulated Streams. Advances in Ecology*. p. 277-287.
- Bain, M.B., Finn, J. T. & Booke, H.E. 1988. Streamflow regulation and fish community structure. *Ecology* 69: 382-392.
- Cereghino, R. & Lavander, P. 1988. Influence of hydropeaking on the distribution and larval development of the Plecoptera from a mountain stream. *Regulated Rivers: Research and Management* 14: 297-309.
- Cushman, M.R. 1985. Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities. *North American Journal of Fisheries Management* 5: 330-339.
- Flodmark, L.E.W., Forseth, T., L'Abée-Lund, J.H. & Voellestad, L.A. 2006. Behaviour and growth of juvenile brown trout exposed to fluctuating flow. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 57-65.
- Freeman, M.C., Bowen, Z. H., Bovee, K.D. & Irwin, E.R. 2001. Flow and habitat effects on juvenile fish abundance in natural and altered flow regimes. *Ecological Applications* 11: 179-180.
- Gönczi, A.P., Henricsson, J. & Sjöberg, G. 1986. Fiskevård i älvmagasin. Slutrapport från FÅK, del 1. Fiske-ristyrelsens Sötvattenslaboratorium. Sundsvall. 115 p.
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J.V., Fjellstad, H.P. & Kohler, B. 2003. Factors influencing stranding of juvenile brown trout during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. *River Research and Applications* 19: 589-609.
- Heggenes, J., Krog, O.M.W., Lindås, O.R., Dokk, J.G. & Bremnes, T. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) becomes nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62: 295-308.
- Hildebrand, S.G. (ed.) 1980. Analysis of environmental issues related to small-scale hydroelectric development. III. Water level fluctuation. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Huusko, A., 2012. Lausunto Kuusinkijoen lyhytaikaissäädön vaikutuksista Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukselle 17.12.2012.
- Huusko, A., Greenberg, L., Stickler, M., Linnansaari, T., Nykänen, M., Vehanen, T., Koljonen, S., Louhi, P. & Alfredsen, K. 2007. Life in the ice lane: the winter ecology of stream salmonids. *River Research and Applications* 23: 469-491.
- Huuskonen, H. & Väisänen, P. 2009. Pielisjoen ja Pyhäselän kalataloustarkkailu 1982-2008. Ekologian tutkimusinstituutti, Biotieteiden tiedekunta, Joensuun yliopisto. Tutkimusraportti. 61 s.
- Hvidsten, N.A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon and brown trout caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway. *Journal of Fish Biology* 27: 711-718.
- Hyvärinen, H., Kärkkäinen, P. & Piironen, J. 1985. Saimaan järvilohen биологиasta. Teoksessa: Viljanen, M. (toim.): *Saimaaseminaari 1985. Saimaan nykytila*. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 71: 202-212.
- Joensuu, I., Vuori, K.-M. & Nieminen, M. 1996. Vesistöarakentamisen ja lyhytaikaissäännöstelyn vaikutus Perhonjoen koskien eliöyhteisöihin. *Suomen ympäristö* 79. 87 s.
- Kaijomaa, V.-M. & Korhonen, J. 1986. Virtakutuiset lohikalakannat ja niiden nykytila Pohjois-Karjalassa. Pohjois-Karjalan kalastuspiirin kalastustoimiston tiedotus nro 1. Joensuu. 64 s.
- Kaijomaa, V.-M., Turunen, T. & Peura, H. 2011. Saimaan järvilohen hoito-ohjelma. Pohjois-Karjalan elinkeino- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2011. 30 s.
- Koli, L. 1990. Suomen kalat. WSOY. Porvoo. 357 s.
- Korman, J. & Campana, S. E. 2009. Effects of hydropeaking on nearshore habitat use and growth of age-0 rainbow trout in a large regulated river. *Transactions of the American Fisheries Society* 138: 76-87.

- Mäkinen, K. 1972. Jokien rakentamisen vaikutus vaeltavien lohilajien poikastuotantoon Suomessa. Lisensiaat-titutkielma. Helsingin yliopisto. 98 s.
- Nieminen, J. & Linjama, T. 2012. Pielisjoen lyhytaikaissäätölaskenta – tulokset. Oy Vesirakentaja ja Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Raportti. 15 s.
- Pursiainen, M. & Westman, K. 1982. Restoration of the crayfish (*Astacus astacus*) in River Siikajoki Finland. Esitelmä EIFAC symposiumissa Budapestissä 31.5.-5.6. 1982.
- Ranta, E. 1983. Lyhytaikaissäätönsäätelyn vaikutuksista kalojen elinympäristöön. Vesihallituksen monistesarja 177.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. 2010. Suomen lajien uhanalaisuus. Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus, 685 s.
- Rouvinen, J. 2012. Pielisjoen koski- ja virtapaikkojen yleiskartoitus. Kuopion Teho-Louhinta Oy. 48 s.
- Ruggles, C.P. & Watt, W.D. 1975. Ecological changes due to hydroelectric development on the Saint John River. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32: 161-170.
- Ruohomäki, J. 1984. Lyhytaikaissäätönsäätelyn vaikutus joen kasvillisuuteen. Vesihallituksen monistesarja 281. 71 s.
- Saltveit, S.J., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V. & Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon and brown trout during rapid flow decreases caused by hydropowering. Regulated Rivers: Research and Management 17: 609–622.
- Shang, X, Wang, G. & Li, S. 2008. Resisting flow – laboratory study of rheotaxis of the estuarine copepod *Pseudodiptomus annandalei*. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 41: 109-124.
- Sinisalmi, T. (toim.), Forsius, J., Muotka, J., Riihimäki, J., Soimakallio, H., Vehanen, T. & Yrjänä, T. 1996. Vesi-voimalaitosten lyhytaikaissäädön vaikutustutkimukset. Suomen ympäristö 66. s. 58.
- Soimakallio, H. & Savolainen, M. 1998. Rakennettujen jokien monitavoitteinen ympäristönhoito. Tutkimusraportteja IVO-A-06/98. 89 s.
- Soimakallio, H. & Savolainen, M. 1999. Järvilohelle sopivien uusien kutu- ja poikastuotantoalueiden kartoitus. Teoksessa: Makkonen, J. (toim.) Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. Kalatutkimuksia 155: 45-71.
- Sutela, T., Karjalainen, T.P., Mäki-Petäys, A., Laine, A., Tammi, J., Koivurinta, M., Louhi, P. 2012. Kalatiestrategian taustaselvitykset. Maa- ja metsätalousministeriö. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 90 1/2012. 83 s.
- Taylor, K.T., Cook, K.V., Hasler, C.T., Schmidt, D.C. & Cooke, S.J. 2012. Behaviour and physiology of mountain whitefish (*Prosopium williamsoni*) relative to short-term changes in river flow. Ecology of Freshwater Fish 21: 609-616.
- Travnichek, V.H. & Maceina, M.J. 1994. Comparison of flow regulation effects on fish assemblages in shallow and deep-water habitats in the Tallapoosa River in Alabama. Journal of Freshwater Ecology 9: 207-216.
- Turunen, T. & Karjalainen, A.-K. 1992. Virtakutuisen kuorekannan (*Osmerus eperlanus* L.) lisääntymisbiologia. Reproduction biology of the river-spawning smelt (*Osmerus eperlanus* L.) Teoksessa: Viljanen, M. & Ollikainen, S. (toim.): Saimaaseminaari 1992. Tutkimus Saimaalla. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 103: 315-325.
- Valentin, S., Sempeski, P., Souchon, Y. & Gaudin, P. 1994. Short-term habitat use by young grayling, *Thymallus thymallus* L., under variable flow conditions in an experimental stream. Fisheries Management and Ecology 1: 57–65.
- Valentin, S., Lauters, F., Sabaton, C., Breil, P. & Souchon, Y. 1996. Modelling temporal variations of physical habitat for brown trout in hydropowering conditions. Regulated Rivers: Research and Management 12: 317–330.
- Vehanen, T., Bjerke, P.-L., Heggenes, J., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2000. Effect of fluctuating flow and temperature on cover type selection and behaviour by juvenile brown trout in artificial flumes. Journal of Fish Biology 56: 923–937.
- Vehanen, T., Huusko, A., Yrjänä, T., Lahti, M. & Mäki-Petäys, A. 2003. Habitat preference by grayling (*Thymallus thymallus*) in an artificially modified, hydropowering riverbed: a contribution to understand the effectiveness of habitat enhancement measures. Journal of Applied Ichthyology 19: 15-20.
- Vehanen, T., Jurvelius, J. & Lahti, M. 2005. Habitat utilisation by fish community in a short-term regulated river reservoir. Hydrobiologia 545: 257-270.
- Väisänen, P. & Huuskonen, H. 2010. Pielisjoen ja Pyhäselän kalataloustarkkailu 2009. Vuosiyhteenveto. Ekologian tutkimusinstituutti. Itä-Suomen yliopisto. Tutkimusraportti 16 s.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company. Philadelphia. 743 s.

Yrjänä, T., Lahti, M., Kamula, R. & Vehanen, T. 2003. Enhancement of fish habitat in a hydropeaking river impoundment. Teoksessa: Yrjänä, T. 2003. Restoration of riverine habitat for fishes – analyses of changes in physical habitat conditions. Acta Universitas Ouluensis C 188. Väitöskirjan osatyö 5. 16 s.